

09/913353
PCT/JP00/09133

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/9133

22.12.00

EKU

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年12月24日

REC'D 23 FEB 2001

WIPO

PCT

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第368108号

出 願 人
Applicant (s):

日本碍子株式会社

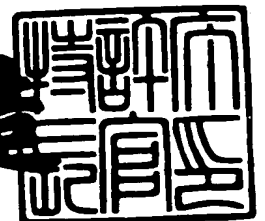
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 2月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3004765

【書類名】 特許願
 【整理番号】 PCK14998GA
 【提出日】 平成11年12月24日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 H01L 23/12

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 石川 修平

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 三井 任

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 鈴木 健

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 中山 信亮

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 竹内 広幸

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 安井 誠二

特平 11-368108

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077685

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 剛宏

【選任した代理人】

【識別番号】 100077805

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 辰彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001834

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9724024

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】

ヒートシンク材及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カーボン又はその同素体と、金属とを含み、
熱伝導率が 160 W/mK 以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 2】

請求項 1 記載のヒートシンク材において、
前記同素体がグラファイトであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 3】

請求項 1 記載のヒートシンク材において、
前記同素体がダイヤモンドであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 4】

請求項 1 記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体として、熱伝導率が 100 W/mK 以上のものが
使用されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 5】

請求項 1、2 又は 4 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって
得られる多孔質焼結体に前記金属が含浸されて構成されていることを特徴とする
ヒートシンク材。

【請求項 6】

請求項 5 記載のヒートシンク材において、
前記多孔質焼結体の気孔率が $10 \text{ vol\%} \sim 50 \text{ vol\%}$ であって、平均気孔
径が $0.1 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその

同素体が50vol%～80vol%、金属が50vol%～20vol%の範囲であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項8】

請求項5～7のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

熱伝導率が180W/mK以上であって、かつ、熱膨張率が $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項9】

請求項5～8のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体に、該カーボン又はその同素体を予備焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項10】

請求項9記載のヒートシンク材において、

前記閉気孔率を低減させる添加物が、SiC及び／又はSiであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項11】

請求項5～10のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

閉気孔率が5vol%以下であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項12】

請求項5～11のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、界面の濡れ性改善のための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項13】

請求項12記載のヒートシンク材において、

前記界面の濡れ性改善のための添加元素がTe、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cdから選択された1種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項14】

請求項5～13のいずれか1項に記載のヒートシンク材において、

前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための添加元素が Nb、

~~Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mn から選択された 1 種以上であるこ~~

とを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 1 6】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体とを混合し、所定圧力下で成形されて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体の粉末粒度が $1 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 1 8】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体の粉碎裁断材と前記金属の粉体とを混合し、所定温度、所定圧力下で成形されて構成されていることを特徴とするヒートシンク材。

。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 ～ 1 8 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、

前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率が、前記カーボン又はその同素体が $20 \text{ vol} \% \sim 60 \text{ vol} \%$ 、金属が $80 \text{ vol} \% \sim 40 \text{ vol} \%$ の範囲であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 2 0】

請求項 1 6 ～ 1 9 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、

熱伝導率が 200 W/mK 以上であって、かつ、熱膨張率が $8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 14 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 21】

請求項 16～20 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 22】

~~請求項 9 記載のヒートシンク材において、~~

前記成形後の再焼成を可能とする添加物が、SiC 及び／又は Si であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 23】

請求項 16～22 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記金属に、界面の濡れ性改善のための低融点金属が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 24】

請求項 23 記載のヒートシンク材において、
前記低融点金属が Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Se、Tl、Ca、Cd から選択された 1 種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 25】

請求項 16～24 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることを特徴とするヒートシンク材。

~~【請求項 26】~~

請求項 25 記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための添加元素が Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mn から選択された 1 種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 27】

請求項 1～26 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記カーボン又はその同素体の表面に、カーバイド層が形成されていることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 28】

請求項 27 記載のヒートシンク材において、
前記カーバイド層の形成は、少なくとも前記カーボン又はその同素体と添加元素との反応に基づくものであることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 29】

~~請求項 28 記載のヒートシンク材において、~~

前記添加元素が、Ti、W、Mo から選択された 1 種以上であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 30】

請求項 1～29 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材において、
前記金属は、Cu、Al、Ag から選択された少なくとも 1 種であることを特徴とするヒートシンク材。

【請求項 31】

カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体を作製する予備焼成工程と、

金属を前記多孔質焼結体中に含浸させる含浸工程と、

少なくとも前記金属が含浸された前記多孔質焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 32】

請求項 31 記載のヒートシンク材の製造方法において、

~~前記予備焼成工程は、容器内に前記カーボン又はその同素体に入れ、該容器内を負圧状態にして予熱することにより、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。~~

【請求項 33】

請求項 31 又は 32 記載のヒートシンク材の製造方法において、

前記含浸工程は、容器内に入れられた前記金属の溶湯に前記多孔質焼結体を浸漬し、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶湯を多孔質焼結体中に含浸させることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 34】

請求項 33 記載のヒートシンク材の製造方法において、
前記加圧力が、10～200 気圧（1.01～20.2 MPa）であることを
特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 35】

~~請求項 33 記載のヒートシンク材の製造方法において、~~

前記冷却工程は、前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、速やかに冷却用ガスを
導入して前記容器内を冷却することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 36】

請求項 31 記載のヒートシンク材の製造方法において、
前記予備焼成工程は、ケース内に前記カーボン又はその同素体を収容する工程
と、前記ケース内を予熱して、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体
を作製する工程とを有し、

前記含浸工程は、プレス機の金型に前記ケースを収容する工程と、前記ケース
内に前記金属の溶湯を注湯する工程と、前記プレス機のパンチで前記溶湯を押し
下げ圧入して前記ケース内の前記多孔質焼結体に前記溶湯を含浸させる工程とを
有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 37】

請求項 36 記載のヒートシンク材の製造方法において、
前記パンチによる圧入時の圧力が、10～400 気圧（1.01～40.5 MPa）であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 38】

請求項 36 又は 37 記載のヒートシンク材の製造方法において、
前記金型として、前記多孔質焼結体に残存するガスを抜くためのガス抜き孔が
形成された金型を用いることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 39】

請求項 31～38 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材の製造方法において、
前記冷却工程は、前記多孔質焼結体に前記金属が含浸された前記ヒートシンク

材を、冷却ガスの吹き付けもしくは冷却水が供給されている冷却ゾーン又は冷却用金型で冷却することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 4 0】

カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、
前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 4 1】

カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、
前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、
前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 4 2】

カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合し、予備成形して混合物を作製する混合工程と、
前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 4 3】

カーボン又はその同素体の粉碎裁断材料と金属の粉体とを混合する混合工程と、
前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、
前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 4 4】

請求項 4 0 ～ 4 3 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材の製造方法において

前記所定温度が前記金属における融点の -10°C ～ -50°C であり、
前記所定圧力が $100\sim 1000$ 気圧 ($10.13\sim 101.32\text{MPa}$) であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 45】

請求項 40～44 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材の製造方法において

加圧工程後に、前記ヒートシンク材を前記金属における融点以上まで加熱することを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【請求項 46】

請求項 31～45 のいずれか 1 項に記載のヒートシンク材の製造方法において

前記金属は、Cu、Al、Ag から選択された少なくとも 1 種であることを特徴とするヒートシンク材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば IC チップから発生する熱を効率よく放熱させるヒートシンクを構成するためのヒートシンク材及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、IC チップにとって熱は大敵であり、内部温度が最大許容接合温度を超えないようにしなければならない。また、パワートランジスタや半導体整流素子等の半導体装置では、動作面積当たりの消費電力が大きいため、半導体装置のケース（パッケージ）やリードから放出される熱量だけでは、発生熱量を放出しきれず、装置の内部温度が上昇して熱破壊を引き起こすおそれがある。

【0003】

この現象は、CPU を搭載した IC チップにおいても同じであり、クロック周波数の向上に伴って動作時の発熱量が多くなり、放熱を考慮した熱設計が重要な事項となってきている。

【0004】

前記熱破壊の防止等を考慮した熱設計においては、ICチップのケース（パッケージ）に放熱面積の大きいヒートシンクを固着することを加味した素子設計や実装設計が行われている。

【0005】

前記ヒートシンク用の材料としては、一般に、熱伝導度の良好な銅やアルミニウム等の金属材料が使用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

近時、CPUやメモリ等のICチップにおいては、低消費電力を目的とした低電力駆動を図りながらも、素子の高集積化と素子形成面積の拡大化に伴ってICチップ自体が大型化する傾向にある。ICチップが大型化すると、半導体基体（シリコン基板やGaAs基板）とヒートシンクとの熱膨張の差によって生じる応力が大きくなり、ICチップの剥離現象や機械的破壊が生じるおそれがある。

【0007】

これを防止するためには、ICチップの低電力駆動の実現とヒートシンク材の改善が挙げられる。ICチップの低電力駆動は、現在、電源電圧として、従来から用いられてきたTTLレベル（5V）を脱して、3.3V以下のレベルが実用化されている。

【0008】

一方、ヒートシンクの構成材料としては、単に熱伝導度を考えるのみでなく、半導体基体であるシリコンやGaAsと熱膨張率がほぼ一致し、しかも、熱伝導度の高い材料の選定が必要となってきた。

【0009】

ヒートシンク材の改善に関しては、多種多様の報告があり、例えば窒化アルミニウム（AlN）を使用した例や、Cu（銅）-W（タングステン）を用いた例などがある。AlNは、熱伝導性と熱膨張性のバランスに優れており、特にSiの熱膨張率とほぼ一致することから、半導体基体としてシリコン基板を用いた半導体装置のヒートシンク材として好適である。

【 0 0 1 0 】

また、Cu-Wは、Wの低熱膨張性とCuの高熱伝導性を兼ね備えた複合材料であり、しかも、機械加工が容易であることから、複雑な形状を有するヒートシンクの構成材料として好適である。

【 0 0 1 1 】

また、他の例としては、SiCを主成分とするセラミック基材に金属Cuを20～40 vol %の割合で含有させたもの（従来例1：特開平8-279569号公報参照）や、無機物質からなる粉末焼結多孔質体にCuを5～30 wt %含浸させたもの（従来例2：特開昭59-228742号公報参照）などが提案されている。

【 0 0 1 2 】

前記従来例1に係るヒートシンク材は、SiCと金属Cuの圧粉体を成形してヒートシンクを作製するという粉体成形であるため、熱膨張率と熱伝導率はあくまでも理論的な値であり、実際の電子部品等で求められる熱膨張率と熱伝導率のバランスを得ることができないという問題がある。

【 0 0 1 3 】

従来例2は、無機物質からなる粉末焼結多孔質体に含浸されるCuの比率が低く、熱伝導度を高める上で限界が生じるおそれがある。

【 0 0 1 4 】

一方、カーボンと金属を組み合わせた複合材料が開発され、実用化されているが、この複合材料は、金属をCuとした場合は、例えば放電加工用の電極として使用され、金属をPbとした場合は、例えば軸受部材として使用されており、ヒートシンク材として用途例が知られていない。

【 0 0 1 5 】

即ち、カーボンと金属を組み合わせた複合材料において、熱伝導率の高いものでも140 W/mKであり、ICチップのヒートシンク材として必要な160 W/mK以上を満足させることができないのが現状である。

【 0 0 1 6 】

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、実際の電子部品（半

導体装置を含む)等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができるヒートシンク材を提供することを目的とする。

【0017】

また、本発明の他の目的は、実際の電子部品(半導体装置を含む)等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造することができ、高品質のヒートシンクの生産性を向上させることができるヒートシンク材の製造方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るヒートシンク材は、カーボン又はその同素体と、金属とを含み、熱伝導率が 160 W/mK 以上であることを特徴とする。これにより、セラミック基板や半導体基板(シリコン、GaAs)等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を得ることができる。

【0019】

前記同素体としては、グラファイトやダイヤモンドが好ましい。また、カーボン又はその同素体として、熱伝導率が 100 W/mK 以上のものを使用することが好ましい。

【0020】

そして、ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体に前記金属を含浸することにより構成することができる。

【0021】

この場合、前記多孔質焼結体の気孔率が $10\text{ vol}\% \sim 50\text{ vol}\%$ であって、平均気孔径が $0.1\text{ }\mu\text{m} \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ であることが好ましく、前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率は、前記カーボン又はその同素体が $50\text{ vol}\% \sim 80\text{ vol}\%$ 、金属が $50\text{ vol}\% \sim 20\text{ vol}\%$ の範囲であることが好ましい。これにより、熱伝導率が 180 W/mK 以上であって、かつ、熱膨張率が $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材を得ることができる。

【0022】

また、前記カーボン又はその同素体に、該カーボン又はその同素体を予備焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC及び／又はSiを挙げることができる。なお、作製されたヒートシンク材の閉気孔率は5vol%以下であることが好ましい。

【0023】

また、前記金属に、界面の濡れ性改善のための元素が添加されていることが好ましい。この添加元素としては、Te、Bi、Pb、Sn、Li、Sb、Tl、Ca、Cdから選択された1種以上を採用することができる。

【0024】

また、前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素を添加することが好ましい。この添加元素としては、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を採用することができる。

【0025】

前記ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体とを混合し、所定圧力下で成形することでも構成することができる。この場合、前記カーボン又はその同素体の粉体と前記金属の粉体の粉末粒度が $1\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ であることが好ましい。

【0026】

前記ヒートシンク材は、前記カーボン又はその同素体の粉碎裁断材と前記金属の粉体とを混合し、所定圧力下で成形することでも構成することができる。

【0027】

そして、上述のように成形によってヒートシンク材を構成する場合においては、前記カーボン又はその同素体と前記金属との体積率は、前記カーボン又はその同素体が20vol%～60vol%の範囲、金属が80vol%～40vol%の範囲であることが好ましい。これにより、熱伝導率が $200\text{W}/\text{mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材を得ることができる。

【0028】

この場合、前記カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC及び／又はSiを挙げることができる。

【0029】

また、前記金属に、界面の濡れ性改善のための低融点金属が添加されていることが好ましい。この低融点金属としては、Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Ge、Tl、Ca、Cdから選択された1種以上を採用することができる。

【0030】

また、前記金属に、前記カーボン又はその同素体との反応性を向上させるための元素が添加されていることが好ましい。この添加元素としては、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mnから選択された1種以上を採用することができる。

【0031】

そして、少なくとも前記カーボン又はその同素体と添加元素との反応によって、前記カーボン又はその同素体の表面にカーバイド層が形成されていてもよい。この場合、前記添加元素としては、Ti、W、Moから選択された1種以上を採用することができる。

【0032】

また、前記カーボン又はその同素体と組み合わされる前記金属としては、導電率の高い金属であるCu、Al、Agから選択された少なくとも1種を採用することができる。

【0033】

次に、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体を作製する予備焼成工程と、金属を前記多孔質焼結体中に含浸させる含浸工程と、少なくとも前記金属が含浸された前記多孔質焼結体を冷却する冷却工程とを有することを特徴とする。

【0034】

これにより、セラミック基板や半導体基板（シリコン、GaAs）等と熱膨張率がほぼ一致し、熱伝導性のよいヒートシンク材を容易に製造することができ、高品質のヒートシンクの生産性を向上させることができる。

【0035】

そして、前記予備焼成工程は、容器内に前記カーボン又はその同素体に入れ、
~~該容器内を負圧状態にして予熱することにより、前記カーボン又はその同素体によ~~
 る多孔質焼結体を作製するようにしてもよい。

【0036】

また、前記含浸工程は、容器内に入れられた前記金属の溶湯に前記多孔質焼結体を浸漬し、前記容器内に含浸用ガスを導入して前記容器内を加圧することにより、前記溶湯を多孔質焼結体中に含浸させるようにしてもよい。この場合、前記加圧力としては、10～200気圧（1.01～20.2MPa）であることが好ましい。この場合の冷却工程として、前記容器内の前記含浸用ガスを抜き、速やかに冷却用ガスを導入して前記容器内を冷却するようにしてもよい。

【0037】

他の製造方法としては、次の方法が挙げられる。即ち、前記予備焼成工程として、ケース内に前記カーボン又はその同素体を収容する工程と、前記ケース内を予熱して、前記カーボン又はその同素体による多孔質焼結体を作製する工程とを有し、前記含浸工程として、プレス機の金型に前記ケースを収容する工程と、前記ケース内に前記金属の溶湯を注湯する工程と、前記プレス機のパンチで前記溶湯を押し下げ圧入して前記ケース内の前記多孔質焼結体に前記溶湯を含浸させる
~~工程とを有することである。~~

【0038】

この場合、前記パンチによる圧入時の圧力を、10～400気圧（1.01～40.5MPa）とすることが好ましい。また、前記金型として、前記多孔質焼結体に残存するガスを抜くためのガス抜き孔が形成された金型を用いることが好ましい。

【0039】

また、前記冷却工程は、前記多孔質焼結体に前記金属が含浸された前記ヒート

シンク材を、冷却ガスの吹き付けもしくは冷却水が供給されている冷却ゾーン又は冷却用金型で冷却するようにしてもよい。

【0040】

また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合し、予備成形して混合物を作製する混合工程と、前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0041】

また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉体と金属の粉体とを混合する混合工程と、前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0042】

また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉砕裁断材料と金属の粉体とを混合し、予備成形して混合物を作製する混合工程と、前記混合物をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0043】

また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法は、カーボン又はその同素体の粉砕裁断材料と金属の粉体とを混合する混合工程と、前記混合物を予備成形して予備成形体とする予備成形工程と、前記予備成形体をホットプレス機の金型内に入れ、所定温度、所定圧力下で成形してヒートシンク材を作製する加圧工程とを有することを特徴とする。

【0044】

これらの製造方法において、前記所定温度は、前記金属における融点の $-10 \sim -50^{\circ}\text{C}$ が好ましく、前記所定圧力は、 $100 \sim 1000$ 気圧（ $10.13 \sim 101.32\text{MPa}$ ）が好ましい。

【0045】

また、これらの製造方法において、加圧工程後に、前記ヒートシンク材を前記金属における融点以上まで加熱するようにしてもよい。

【0046】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るヒートシンク材及びその製造方法の実施の形態例を図1～図14を参照しながら説明する。

【0047】

第1の実施の形態に係るヒートシンク材10Aは、図1に示すように、カーボン又はその同素体を予備焼成してネットワーク化することによって得られる多孔質焼結体12に金属14が含浸されて構成されている。

【0048】

この場合、前記カーボン又はその同素体として、熱伝導率が 100 W/mK 以上、望ましくは 150 W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）、更に望ましくは 200 W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）のものを使用することが好ましい。

【0049】

本例では、熱伝導率が 100 W/mK 以上のグラファイトで構成された多孔質焼結体12の開気孔部に銅を含浸させたヒートシンク材を示す。含浸する金属14としては、銅のほかに、アルミニウムや銀を使用することができる。

【0050】

また、多孔質焼結体12と金属14との体積率は、多孔質焼結体12が $50\text{ vol}\%$ ～ $80\text{ vol}\%$ 、金属14が $50\text{ vol}\%$ ～ $20\text{ vol}\%$ の範囲としている。これにより、熱伝導率が $180\sim 220\text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $4\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\sim 7\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材を得ることができる。

【0051】

前記多孔質焼結体12の気孔率としては、 $10\text{ vol}\%$ ～ $50\text{ vol}\%$ であることが望ましい。気孔率が $10\text{ vol}\%$ 以下では、 180 W/mK （室温）の熱伝導率を得ることができず、 $50\text{ vol}\%$ を超えると多孔質焼結体12の強度が

低下し、熱膨張率を $15.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下に抑えることができないからである。

【0052】

前記多孔質焼結体 12 の平均開気孔径（気孔径）の値としては、 $0.1 \sim 200 \mu\text{m}$ が望ましい。前記気孔径が $0.1 \mu\text{m}$ 未満であると、開気孔内に金属 14 を含浸することが困難になり、熱伝導率が低下する。一方、前記気孔径が $200 \mu\text{m}$ を超えると、多孔質焼結体 12 の強度が低下し、熱膨張率を低く抑えることができない。

【0053】

前記多孔質焼結体 12 の平均開気孔に関する分布（気孔分布）としては、 $0.5 \sim 50 \mu\text{m}$ に $90\text{ vol}\%$ 以上分布することが好ましい。 $0.5 \sim 50 \mu\text{m}$ の気孔が $90\text{ vol}\%$ 以上分布していない場合は、金属 14 が含浸していない開気孔が増え、熱伝導率が低下する可能性がある。

【0054】

また、多孔質焼結体 12 に金属 14 を含浸して得たヒートシンク材 10A の閉気孔率としては、 $5\text{ vol}\%$ 以下であることが好ましい。 $5\text{ vol}\%$ を超えると、熱伝導率が低下する可能性があるからである。

【0055】

なお、前記気孔率、気孔径及び気孔分布の測定には、株式会社島津製作所製の自動ポロシメータ（商品名「オートポア 9200」）を使用した。

【0056】

この第 1 の実施の形態に係るヒートシンク材 10A において、前記グラファイトに、該グラファイトを予備焼成した際の閉気孔率を低減させる添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC 及び／又は Si を挙げることができる。これにより、焼成時の閉気孔（クローズドポア）を減少させることができ、多孔質焼結体 12 に対する金属 14 の含浸率を向上させることができる。

【0057】

また、グラファイト中に、該グラファイトと反応する元素を添加するようにしてもよい。この添加元素としては、Ti、W、Mo から選択された 1 種以上を挙

げることができる。これにより、グラファイトの焼成時に、該グラファイトの表面（開気孔の表面を含む）に反応層（カーバイド層）が形成され、グラファイトの開気孔に含浸される金属 14 との濡れ性が改善し、低圧での含浸が可能になり、しかも、微細開気孔への含浸も可能になる。

【0058】

一方、多孔質焼結体 12 に含浸される金属 14 に、Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cd から選択された 1 種以上を添加することが好ましい。これにより、多孔質焼結体 12 と金属 14 との界面の濡れ性が改善され、多孔質焼結体 12 の開気孔内に金属 14 が入り易くなる。

【0059】

また、多孔質焼結体 12 に含浸される金属 14 に、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mn から選択された 1 種以上を添加することが好ましい。これにより、グラファイトと金属との反応性が向上し、開気孔内においてグラファイトと金属とが密着し易くなり、閉気孔の発生を抑制することができる。

【0060】

次に、この第 1 の実施の形態に係るヒートシンク材 10A を製造するためのいくつかの方法を図 2 ～ 図 8 を参照しながら説明する。

【0061】

第 1 の実施の形態に係るヒートシンク材 10A を製造するための第 1 及び第 2 の製造方法は共に、グラファイトを予備焼成してネットワーク化することによって多孔質焼結体 12 を作製する予備焼成工程と、金属 14 を前記多孔質焼結体 12 中に含浸させる含浸工程とを有する。

【0062】

そして、第 1 の製造方法は、具体的には図 2A 及び図 2B にその一例を示すように、高圧容器 30 を使用することによって行われる。この高圧容器 30 は、角筒状の筐体 32 における両側板 34 及び 36 のほぼ中央部分にそれぞれ回転軸 38 が設けられて、該回転軸 38 を中心として筐体 32 自体が回転できるようになっている。

【0063】

筐体 3 2 内には、耐火容器 4 0 と該耐火容器 4 0 を加熱するためのヒータ 4 2 が設けられている。耐火容器 4 0 は、中空部 4 4 を有する角筒状の形状を有し、1 つの側面における高さ方向中央部分に中空部 4 4 に連通する開口 4 6 が設けられている。中空部 4 4 のうち、開口 4 6 を中心として一方の中空部（以下、第 1 室 4 4 a と記す）には、含浸材料である金属 1 4 の塊、あるいは金属 1 4 の溶融金属が収容されるようになっている。

【 0 0 6 4 】

他方の中空部（以下、第 2 室 4 4 b と記す）は、被含浸試料である多孔質焼結体 1 2 が複数取り付けられるようになっており、第 2 室 4 4 b が上方に位置しても、多孔質焼結体 1 2 が落下しないように多孔質焼結体 1 2 の支持機構が設けられている。なお、ヒータ 4 2 は、9. 8 MP a の高圧力下でも破壊されない構造とされている。

【 0 0 6 5 】

また、前記高圧容器 3 0 には、真空引きのための吸気管 4 8 と、高圧力付与のためのガス及び冷却用ガスの導入管 5 0 及び導出管 5 2 が設けられている。

【 0 0 6 6 】

次に、前記高圧容器 3 0 を用いた第 1 の製造方法について図 3 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 7 】

まず、グラファイトを予備焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体 1 2 を作製する（ステップ S 1）。その後、高圧容器 3 0 を初期状態にして、高圧容器 3 0 内に設けられている耐火容器 4 0 の第 1 室 4 4 a を下方に位置させる（ステップ S 2）。

【 0 0 6 8 】

その後、多孔質焼結体 1 2 と金属 1 4 の塊を高圧容器 3 0 の耐火容器 4 0 内に入れ、金属 1 4 の塊を耐火容器 4 0 の第 1 室 4 4 a 内に配置し、多孔質焼結体 1 2 を第 2 室 4 4 b にセットする（ステップ S 3）。その後、高圧容器 3 0 （及び耐火容器 4 0 ）を密封した後、吸気管 4 8 を通じて高圧容器 3 0 内の真空引きを行って該高圧容器 3 0 内を負圧状態にする（ステップ S 4）。

【0069】

その後、ヒータ42に通電して第1室44aの金属14を加熱溶解する（ステップS5）。以下の説明では、加熱溶解された金属14を便宜的に「熔融金属14」とも記す。

【0070】

~~その後、第1室44a内の熔融金属14が所定温度に達した段階で、~~ 高压容器30を180度転回させる（ステップS6）。この転回動作によって、第1室44aが上方に位置することから、第1室44a内の熔融金属14は、自重によって下方に位置する第2室44b内に落下し、この段階で、熔融金属14に多孔質焼結体12が浸された状態となる。

【0071】

その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する（ステップS7）。この加圧処理によって、前記熔融金属14は多孔質焼結体12の開気孔部中に含浸することとなる。

【0072】

この含浸工程が終了した時点で直ちに冷却工程に移行する。この冷却工程は、まず、前記高压容器30を再び180度転回させる（ステップS8）。この転回動作によって、第1室44aが下方に位置することから、第2室44b内の熔融金属14は、再び第1室44a内に落下することになる。

【0073】

~~前記ステップS7での加圧処理（含浸処理）によって、~~ 熔融金属14の一部が多孔質焼結体12の開気孔中に含浸されていることから、下方に位置する第1室44aに落下する熔融金属14は多孔質焼結体12に含浸されなかった残存熔融金属である。残存熔融金属が第1室44a内に落下した段階で、第2室44bには熔融金属14が含浸された多孔質焼結体12が残ることとなる。

【0074】

その後、ガス導出管52を通じて高压容器30内の含浸用ガスを排気すると同時に、ガス導入管50を通じて冷却用ガスを高压容器30内に導入する（ステップS9）。この含浸用ガスの排気と冷却用ガスの導入によって、冷却用ガスが高

圧容器 30 内を満遍なく循環し、高圧容器 30 は急速に冷却される。この速やかなる冷却によって、前記多孔質焼結体 12 に含浸された溶融金属 14 が、急速に金属 14 の塊に固化して体積が膨張することから、含浸された金属 14 は多孔質焼結体 12 に強固に保持される。

【0075】

他の冷却工程としては、図 3 において一点鎖線の枠内に示すように、前記ステップ S 8 での処理が終了した段階で、高圧容器 30、あるいは溶融金属 14 が含浸された多孔質焼結体 12 を冷却ゾーンに搬送し、冷却ゾーンに設置されている冷やし金に接触させる方法がある（ステップ S 10 参照）。

【0076】

この冷やし金への接触によって多孔質焼結体 12 は急速に冷却されることになる。この冷却過程においては、多孔質焼結体 12 に冷却ガスを吹き付けたり、冷やし金を水冷しながら行うようにしてもよく、特に、押湯効果を考えて冷却した方が好ましい。

【0077】

このように、第 1 の製造方法の各工程を踏むことにより、グラファイトによる多孔質焼結体 12 への金属 14 の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、多孔質焼結体 12 への金属 14 の含浸率を向上させることができ、熱伝導率が $180 \sim 220 \text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるヒートシンク材 10A を容易に得ることができる。

【0078】

前記ステップ S 5 において、ヒータ 42 に通電して第 1 室 44a の金属 14 を加熱溶解する場合に、ステップ S 6 に移行する所定温度（加熱温度）は、金属 14 の融点より $30^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 高い温度がよく、好ましくは前記融点より $50^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 高い温度が望ましい。この場合、高圧容器 30 内を $1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ 以下の真空中にしておくことが好ましい。

【0079】

また、前記ステップ S 7 において、高圧容器 30 内に含浸用ガスを導入することによって高圧容器 30 に付与する圧力としては、 0.98 MPa 以上、 9.8

MPa以下とする。この場合、4.9MPa以上、19.6MPa以下が好ましく、より好ましくは9.8MPa以上、14.7MPa以下である。

【0080】

また、高圧容器30への圧力の付与時間は1秒以上、60秒以下がよく、望ましくは1秒以上、30秒以下が好ましい。

【0081】

なお、多孔質焼結体20の気孔としては、上述したように、平均直径が0.5 μ m~50 μ mのものが90vol%以上存在し、かつ、気孔率が10vol%~50vol%であることが望ましい。

【0082】

一方、冷却工程における冷却速度は、含浸時の温度から800℃までの期間において、-400℃/時間以上とすることが好ましく、より好ましくは-800℃/時間以上が望ましい。

【0083】

前記ステップS7において、高圧容器30に付与する圧力は、多孔質焼結体12の開気孔部に金属14を完全に含浸させるために必要な圧力である。この場合、多孔質焼結体12に金属14が含浸されていない開気孔が残存すると、熱伝導性を著しく阻害するため、高い圧力を付与することが必要となる。

【0084】

この圧力はその概略を Washburn の式によって推定できるが、気孔径が小さいほど大きな力を必要とする。例えば、0.1 μ m ϕ のとき39.2MPa、1.0 μ m ϕ のとき3.92MPa、10 μ m ϕ のとき0.392MPaの圧力が好ましい。

【0085】

なお、グラファイトへの添加元素や金属への添加元素の好ましい例については、すでに述べたのでここではその説明を省略する。

【0086】

次に、第1の製造方法のいくつかの変形例を図4及び図5を参照しながら説明する。

【0087】

第1の変形例は、図4に示すように、まず、グラファイトを予備焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体12を作製する（ステップS101）。高压容器30を初期状態にして、高压容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に位置させる（ステップS102）。

【0088】

その後、多孔質焼結体12を第2室44bにセットし、予め溶融された金属（溶融金属）14を第1室44a内に流し込む（ステップS103）。

【0089】

その後、第1室44a内の溶融金属14が所定温度に達した段階で、高压容器30を180度転回させる（ステップS104）。この転回動作によって、第1室44a内の溶融金属14が下方に位置する第2室44bに落下し、この段階で、溶融金属14に多孔質焼結体12が浸された状態となる。

【0090】

その後、ガス導入管50を通じて高压容器30内に含浸用ガスを導入して、該高压容器30内を加圧する（ステップS105）。この加圧処理によって、前記溶融金属14は多孔質焼結体12の開気孔部中に含浸することとなる。

【0091】

次に、第2の変形例について説明する。この第2の変形例に係る含浸工程は、高压容器30内に設置されている耐火容器40の内部中央部分に、多孔質セラミック材からなる仕切板（図示せず）が設けられた高压容器30を用いる。耐火容器40内は、前記仕切板によって第1室44aと第2室44bとに仕切られることになる。

【0092】

前記仕切板としては、気孔率が40vol%～90vol%で、かつ気孔径が0.5mm～3.0mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましく、より好ましくは気孔率が70vol%～85vol%であり、かつ気孔径が1.0mm～2.0mmである多孔質セラミック材を用いることが望ましい。

【0093】

そして、この第2の変形例では、図5に示すように、まず、グラファイトを予備焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体12を作製する（ステップS201）。高圧容器30を初期状態にして、高圧容器30内に設けられている耐火容器40の第1室44aを下方に、第2室44bを上方に位置させる（ステップS202）。

【0094】

その後、多孔質焼結体12と金属14の塊を高圧容器30の耐火容器40内に入れ、金属14の塊を上方に位置する第2室44b内に配置し、多孔質焼結体12を下方に位置する第1室44aにセットする（ステップS203）。

【0095】

その後、高圧容器30（及び耐火容器40）を密封した後、吸気管48を通じて高圧容器30内の真空引きを行って該高圧容器30内を負圧状態にする（ステップS204）。

【0096】

その後、ヒータ42に通電して第2室44bの金属22を加熱溶解する（ステップS205）。前記溶融金属14が所定温度に達した段階で、ガス導入管50を通じて高圧容器30内に含浸用ガスを導入して、該高圧容器30内を加圧する（ステップS206）。この加圧処理によって、上方に位置する第2室44b内の溶融金属14は、仕切板を通過し、下方に位置する第1室44a内の多孔質焼結体12の開気孔部中に含浸されることになる。

【0097】

次に、第2の製造方法について図6～図14を参照しながら説明する。この第2の製造方法では、図6に示すように、グラファイトを予備焼成して多孔質焼結体12を作製するための炉60と、図7に示すように、多孔質焼結体12に金属14を含浸させるためのプレス機62が使用される。

【0098】

炉60は、図6に示すように、その内部にケース70が収容可能な空間72と、該空間72内に収容されたケース70を加熱するためのヒータ74が設けられている。ケース70には、グラファイトが収容される。

【0099】

プレス機62は、図7に示すように、上部開口の凹部80を有する金型82と、凹部80内に挿通可能とされ、かつ、凹部80内の内容物を押し下げ圧入するパンチ84とを有する。

【0100】

次に、前記坩60とプレス機62を用いた第2の製造方法について図8を参照しながら説明する。

【0101】

まず、ケース70内にグラファイトを入れ、該ケース70を坩60内に収容する（ステップS301）。坩60内を予備焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体12を作製する（ステップS302）。その後、坩60から多孔質焼結体12をケース70ごと取り出して、プレス機62の凹部80内に多孔質焼結体12をケース70ごと収容する（ステップS303）。

【0102】

次に、ケース70内に金属14の溶湯86を注湯した後（ステップS304）、パンチ84を凹部80内に挿通し、ケース70内の前記溶湯86を押し下げ圧入する（ステップS305）。このパンチ84の押圧処理によって、金属14の溶湯86は、多孔質焼結体12の開気孔部中に含浸することとなる。

【0103】

上述の第2の製造方法において、前記パンチ84による圧入時の圧力を10～400気圧（1.01～40.5MPa）とすることが好ましい。また、図7に示すように、ケース70の底部や金型82の底部に、多孔質焼結体12に残存するガスを抜くためのガス抜き孔88及び90を形成するようにしてもよい。この場合、パンチ84の圧入時に、多孔質焼結体12に残存するガスがガス抜き孔88及び90を通して抜けるため、開気孔への溶湯86の含浸がスムーズに行われることになる。

【0104】

このように、第2の製造方法の各工程を踏むことにより、グラファイトによる多孔質焼結体12への金属14の含浸処理を容易に行うことができ、しかも、多

孔質焼結体 12 への金属 14 の含浸率を向上させることができ、熱伝導率が $180 \sim 220 \text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるヒートシンク材 10A を容易に得ることができる。

【0105】

次に、第 2 の実施の形態に係るヒートシンク材 10B について図 9 を参照しながら説明する。

【0106】

第 2 の実施の形態に係るヒートシンク材 10B は、図 9 に示すように、カーボン又はその同素体の粉体 12a と金属 14 の粉体 14a とを混合し、所定温度、所定圧力下で成形されて構成されている。

【0107】

前記カーボン又はその同素体としては、熱伝導率が 100 W/mK 以上、望ましくは 150 W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）、更に望ましくは 200 W/mK 以上（気孔がない状態での推定値）のものを使用することが好ましい。特に、この第 2 の実施の形態では、グラファイトのほかに、ダイヤモンドを使用することができる。本例では、熱伝導率が 100 W/mK 以上のグラファイトの粉末と銅の粉末を混合し、成形して構成されたヒートシンク材 10B を示す。前記金属としては、銅のほかに、アルミニウムや銀を使用することができる。

【0108】

また、この第 2 の実施の形態に係るヒートシンク材 10B は、前記カーボン又はその同素体の粉砕裁断材（例えば炭素繊維の粉砕裁断材）と前記金属 14 の粉体 14a とを混合し、所定温度、所定圧力下で成形して構成することもできる。

【0109】

そして、前記所定温度としては、プレス型内での成形を考慮すると、前記金属 14 における融点の $-10 \sim -50 ^\circ\text{C}$ が好ましく、前記所定圧力としては、 $100 \sim 1000$ 気圧（ $10.13 \sim 101.32 \text{ MPa}$ ）が好ましい。

【0110】

また、前記カーボン又はその同素体の粉体 12a と、金属 14 の粉体 14a の粉末粒度は、 $1 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ であることが好ましい。カーボン又はその同素

体と金属 14 との体積率は、カーボン又はその同素体が 20 vol % ~ 60 vol %、金属 14 が 80 vol % ~ 40 vol % の範囲としている。これにより、熱伝導率が 200 ~ 350 W/mK 以上であって、かつ、熱膨張率が 8×10^{-6} /°C ~ 14×10^{-6} /°C であるヒートシンク材 10B を得ることができる。

【0111】

この第 2 の実施の形態に係るヒートシンク材 10B において、カーボン又はその同素体に、成形後の再焼成を可能とする添加物を添加させることが好ましい。この添加物としては、SiC 及び／又は Si を挙げることができる。これにより、成形後において、前記金属 14 の融点以上の温度での再焼成が可能となる。この場合、成形後に生じた粒同士が前記再焼成によって結合することになるため、熱伝導を阻害する粒界をほとんどなくすことができ、ヒートシンク材 10B の熱伝導率の向上を図ることができる。

【0112】

また、カーボン又はその同素体中に、該カーボン又はその同素体と反応する元素を添加するようにしてもよい。この添加元素としては、Ti、W、Mo から選択された 1 種以上を挙げることができる。これにより、成形時や再焼成時に、カーボン又はその同素体の表面に反応層（カーバイド層）が形成され、ヒートシンク材 10B の表面における粒同士の結合を向上させることができる。

【0113】

一方、前記金属 14 には、低融点金属、例えば Te、Bi、Pb、Sn、Se、Li、Sb、Tl、Ca、Cd から選択された 1 種以上を添加することが好ましい。これにより、カーボン又はその同素体と金属 14 との界面の濡れ性が改善され、熱伝導を阻害する粒界の発生を抑えることができる。なお、熱伝導の観点から、前記低融点金属は前記金属 14 に固溶しないことが好ましい。

【0114】

また、前記金属 14 に、Nb、Cr、Zr、Be、Ti、Ta、V、B、Mn から選択された 1 種以上を添加することが好ましい。これにより、カーボン又はその同素体と金属 14 との反応性が向上し、この場合も、成形時における粒界の発生を抑えることができる。

【0115】

次に、この第2の実施の形態に係るヒートシンク材10Bを製造するためのいくつかの方法（第3及び第4の製造方法）を図10～図14を参照しながら説明する。

【0116】

まず、第3の製造方法は、~~具体的には図10及び図11にその一例を示すよう~~
に、予備成形機100（図10参照）と、ホットプレス機102（図11参照）を使用することによって行われる。

【0117】

予備成形機100は、図10に示すように、上部開口の凹部110を有する金型112と、凹部110内に挿通可能とされ、かつ、凹部110内の内容物を押し下げ圧入するパンチ114とを有する。ケース70には、カーボン又はその同素体の粉末12aと金属14の粉末14aとを混合したもの、即ち、混合物104が収容される。

【0118】

ホットプレス機102は、図11に示すように、筒状の筐体120内に、基台を兼ねる下パンチ122と、該下パンチ122上に固定された上面開口の黒鉛製の耐火容器124と、該耐火容器124内に上方から進退自在とされた上パンチ126と、前記耐火容器124を加熱するためのヒータ128が設けられている。耐火容器124には、前記予備成形機100で成形された混合物104の予備成形体106が収容される。~~なお、このホットプレス機102には、真空引きの~~
ための吸気管130が設けられている。

【0119】

下パンチ122の内部には、耐火容器124内を加熱するための加熱用流体や耐火容器124内を冷却するための冷却用流体を流通させる通路132が設けられている。

【0120】

そして、第3の製造方法は、図12に示す工程を踏むことにより行われる。まず、ケース70内にカーボン又はその同素体の粉体12aと金属14の粉体14

aとを入れて混合して混合物104を得た後（ステップS401）、該混合物104が入ったケース70を予備成形機100における金型112の凹部110内に収容する（ステップS402）。その後、パンチ114を凹部110内に圧入して混合物104を予備成形して予備成形体106を作製する（ステップS403）。

【0121】

次に、金型112から予備成形体106を取り出して、ホットプレス機102における耐火容器124内に、該予備成形体106を収容する（ステップS404）。耐火容器124を密封した後、吸気管130を通じて耐火容器124内の真空引きを行って該耐火容器124内を負圧状態にする（ステップS405）。その後、ヒータ128に通電して、耐火容器124内の温度を金属14の融点の $-10^{\circ}\text{C} \sim -50^{\circ}\text{C}$ にする（ステップS406）。

【0122】

所定温度に達した段階で、上パンチ126を下方に移動させて、予備成形体106を加圧してヒートシンク材10Bを得る（ステップS407）。その後、加工等を経ることによって実際のヒートシンク材10Bとして使用される。但し、カーボン又はその同素体と金属14との結合力を高める元素が添加されている場合には、前記加圧後に、金属14の融点以上まで加熱してもよい。

【0123】

なお、カーボン又はその同素体への添加元素や金属14への添加元素の好ましい例については、すでに述べたのでここではその詳細な説明を省略する。

【0124】

このように、第3の製造方法の各工程を踏むことにより、熱伝導率が $200 \sim 350 \text{ W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $8 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \sim 14 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Bを容易に得ることができる。

【0125】

次に、第4の製造方法について図13を参照しながら説明する。この第4の製造方法では、図14に示すように、予備成形機100は使用せずに、ホットプレス機102のみを使用することによって行われる。

【0126】

即ち、まず、ケース70内にカーボン又はその同素体の粉体12aと金属14の粉体14aとを入れて混合して混合物104を得た後（ステップS501）、ケース70内の混合物104を直接ホットプレス機102における耐火容器124内に収容する（ステップS502）。耐火容器124を密封した後、吸気管130を通じて耐火容器124内の真空引きを行って該耐火容器124内を負圧状態にする（ステップS503）。その後、ヒータ128に通電して、耐火容器124内の温度を金属14の融点の -10°C ～ -50°C にする（ステップS504）。

【0127】

所定温度に達した段階で、上パンチ126を下方に移動させて、混合物104を加圧してヒートシンク材10Bを得る（ステップS505）。

【0128】

この第4の製造方法においても、熱伝導率が $200\sim 350\text{W/mK}$ 以上であって、かつ、熱膨張率が $8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\sim 14\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるヒートシンク材10Bを容易に得ることができる。

【0129】

なお、この発明に係るヒートシンク材及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0130】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るヒートシンク材によれば、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を得ることができる。

【0131】

また、本発明に係るヒートシンク材の製造方法によれば、実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造することができ、高品質のヒートシンク

の生産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施の形態に係るヒートシンク材の構成を示す斜視図である。

【図 2】

図 2 A は高圧容器の正面を一部破断して示す図であり、図 2 B は高圧容器の側面を一部破断して示す図である。

【図 3】

第 1 の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図 4】

第 1 の製造方法の第 1 の変形例を示す工程ブロック図である。

【図 5】

第 1 の製造方法の第 2 の変形例を示す工程ブロック図である。

【図 6】

第 2 の製造方法で使用する炉を示す構成図である。

【図 7】

第 2 の製造方法で使用するプレス機を示す構成図である。

【図 8】

第 2 の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図 9】

第 2 の実施の形態に係るヒートシンク材の構成を示す斜視図である。

【図 1 0】

第 3 の製造方法で使用する予備成形機を示す構成図である。

【図 1 1】

第 3 の製造方法で使用するホットプレス機を示す構成図である。

【図 1 2】

第 3 の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図 1 3】

第 4 の製造方法を示す工程ブロック図である。

【図 1 4】

第 4 の製造方法で使用されるホットプレス機を示す構成図である。

【符号の説明】

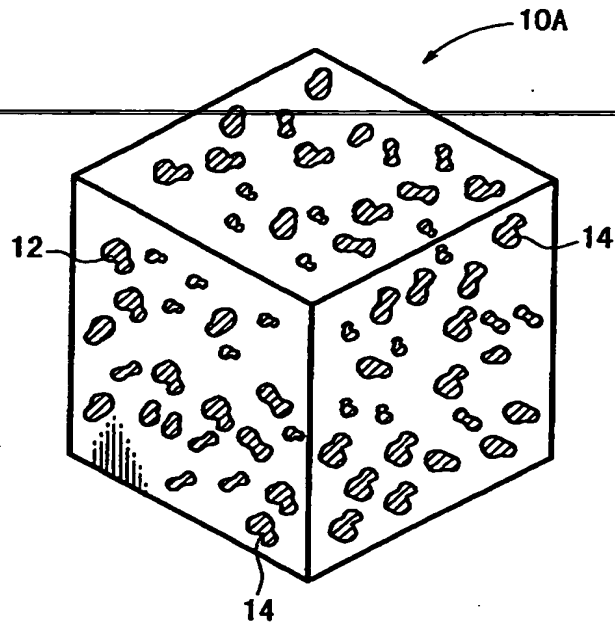
1 0 A、1 0 B…ヒートシンク材	1 2…多孔質焼結体
1 2 a…カーボン又はその同素体の粉末	1 4…金属
1 4 a…金属の粉末	3 0…高圧容器
4 0…耐火容器	6 0…炉
6 2…プレス機	7 0…ケース
8 2…金型	8 4…パンチ
8 6…溶湯	1 0 0…予備成形機
1 0 2…ホットプレス機	1 0 4…混合物
1 0 6…予備成形体	1 1 2…金型
1 1 4…パンチ	1 2 2…下パンチ
1 2 4…耐火容器	1 2 6…上パンチ

【書類名】

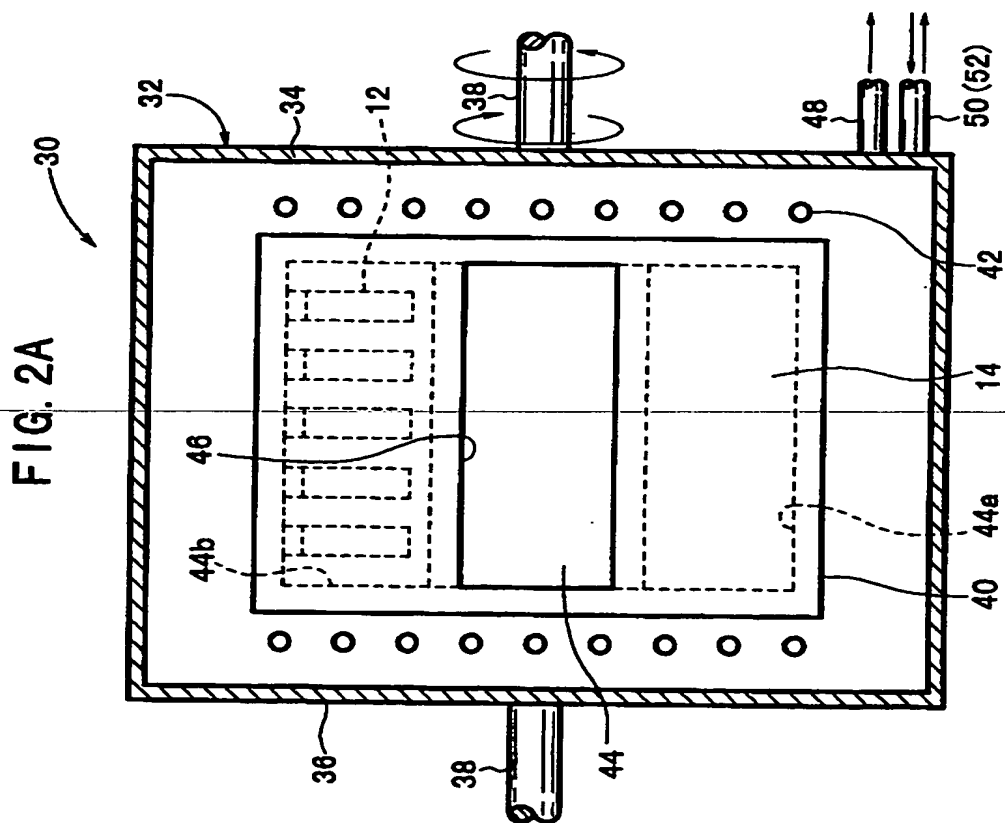
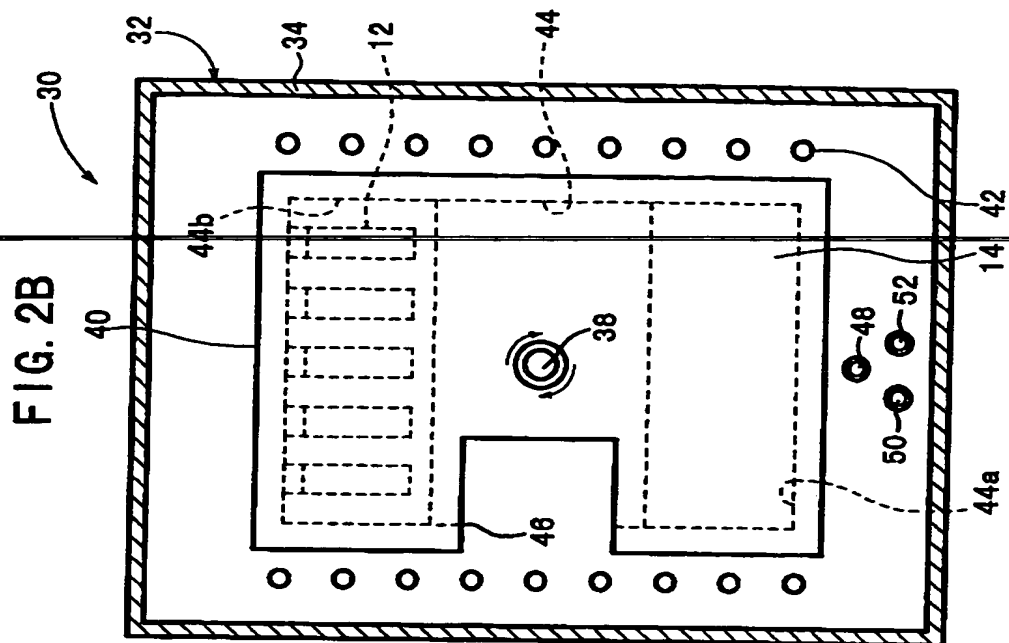
図面

【図 1】

FIG. 1

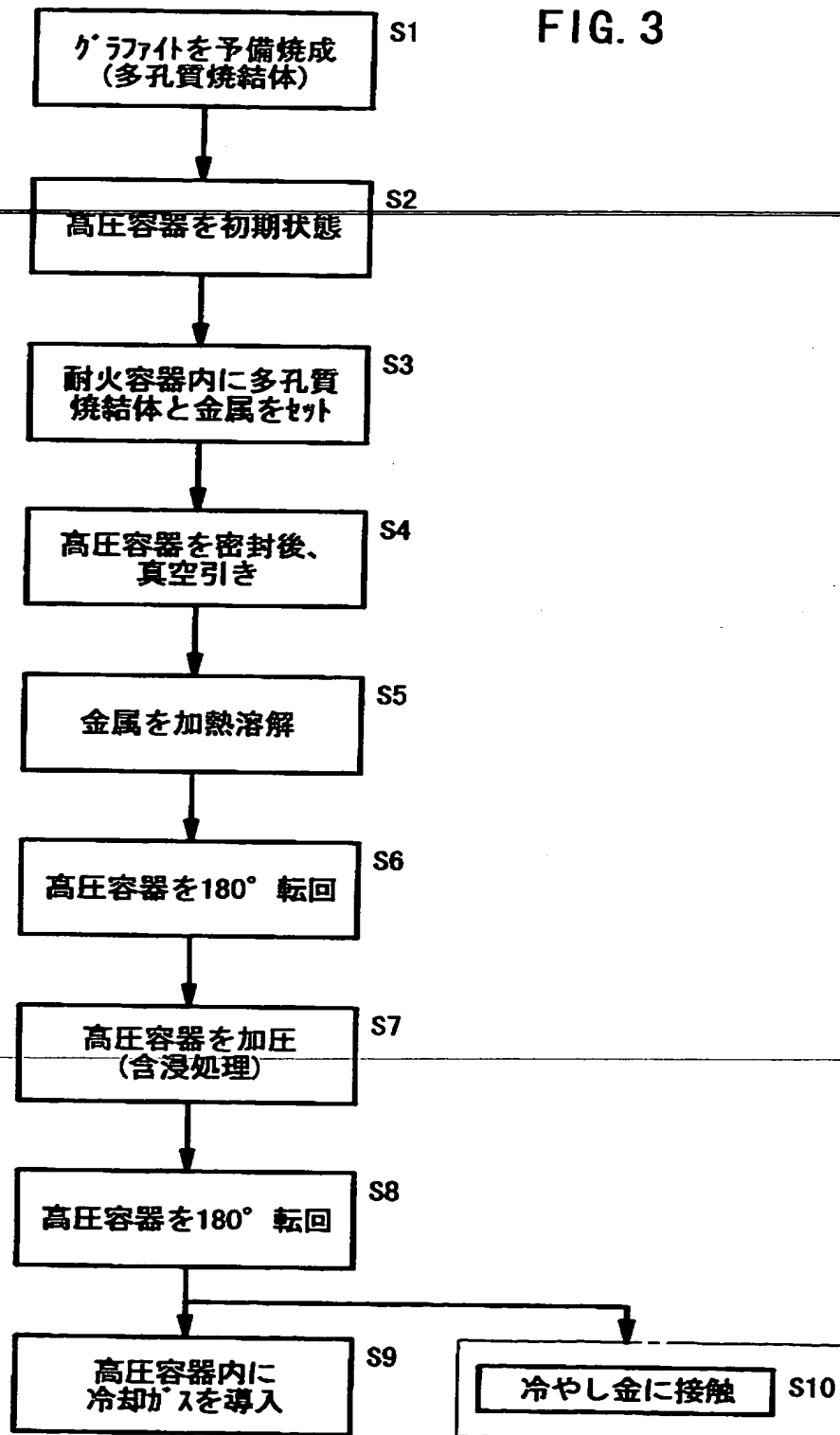


【圖 2】



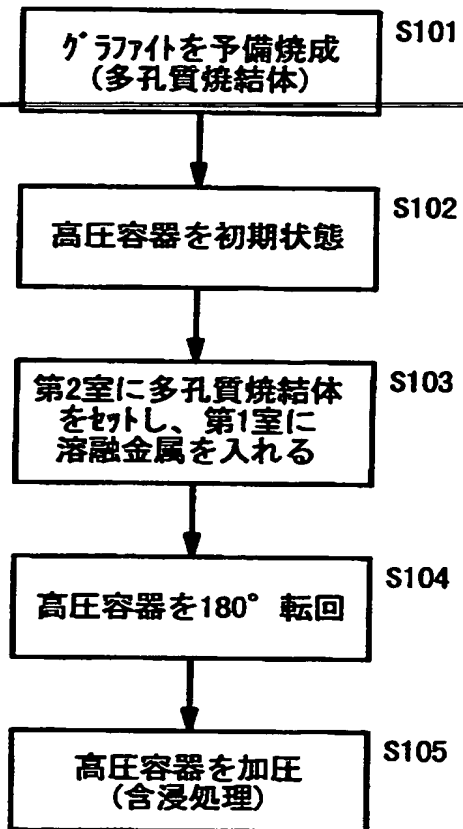
【図 3】

FIG. 3



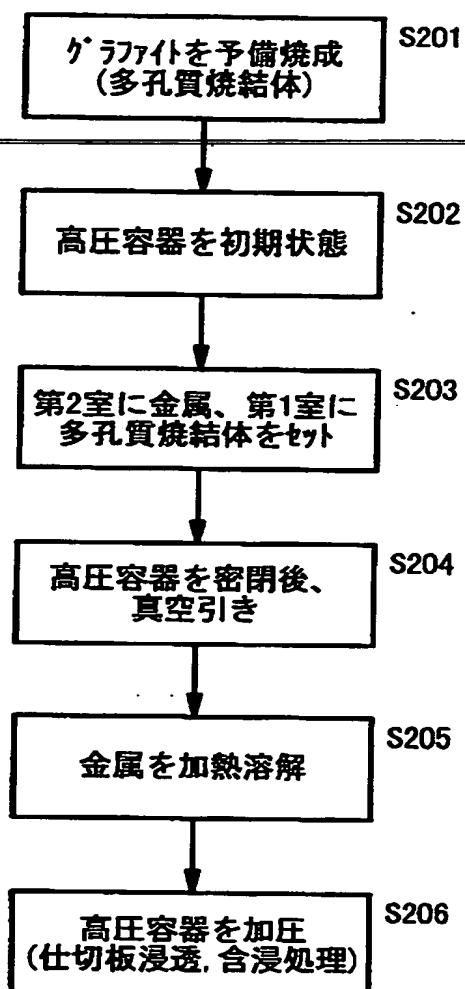
【図 4】

FIG. 4

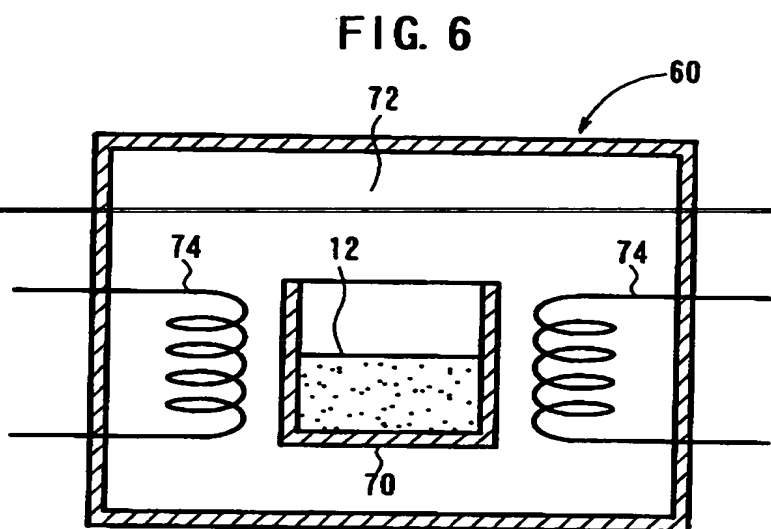


【図 5】

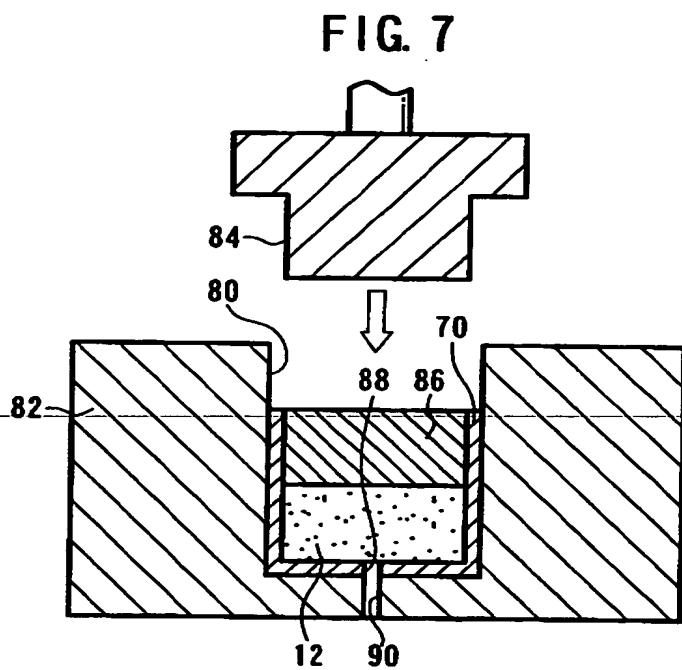
FIG. 5



【図 6】

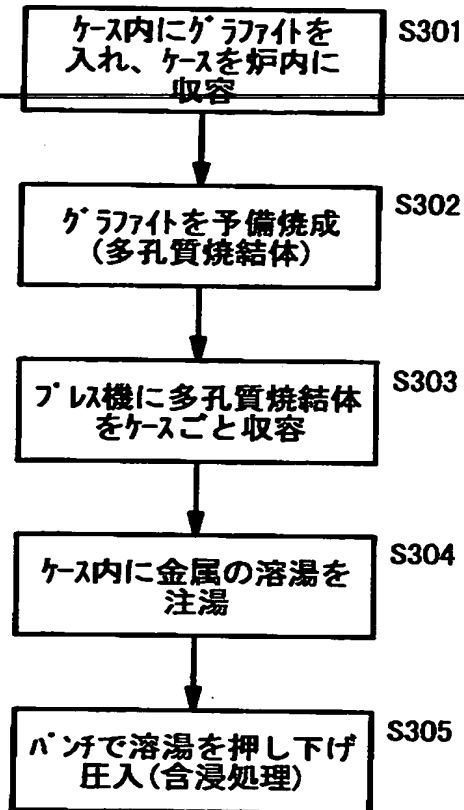


【図 7】



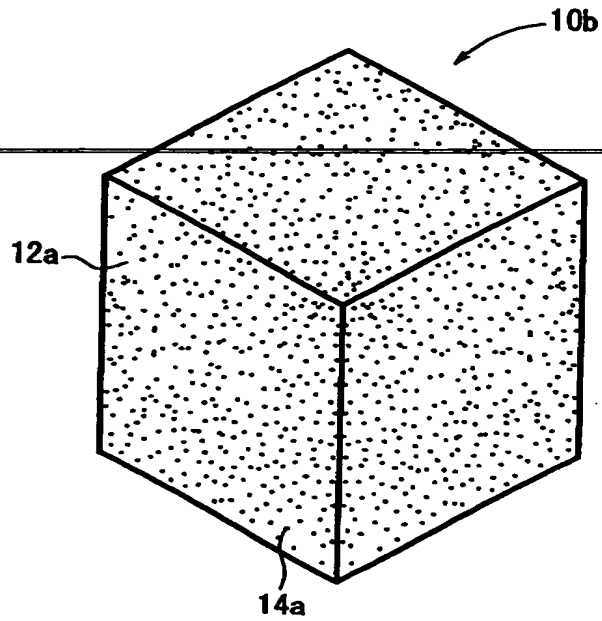
【図 8】

FIG. 8



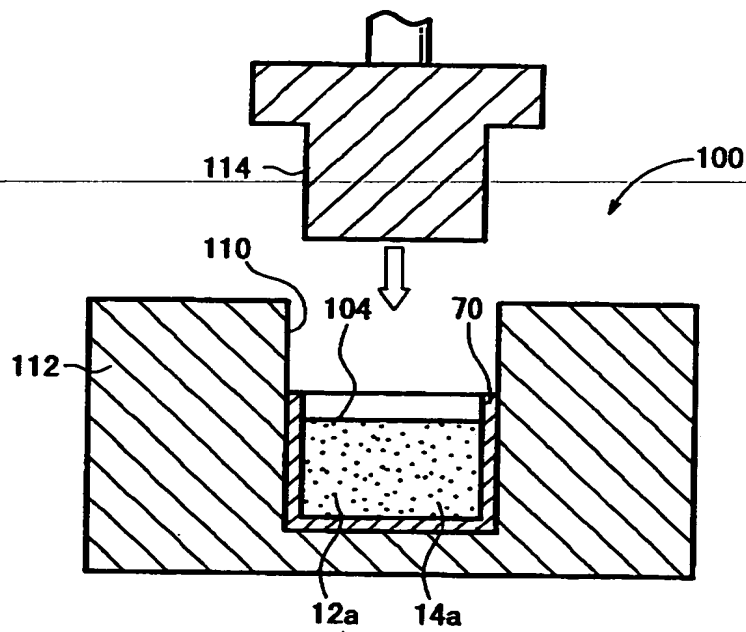
【図 9】

FIG. 9



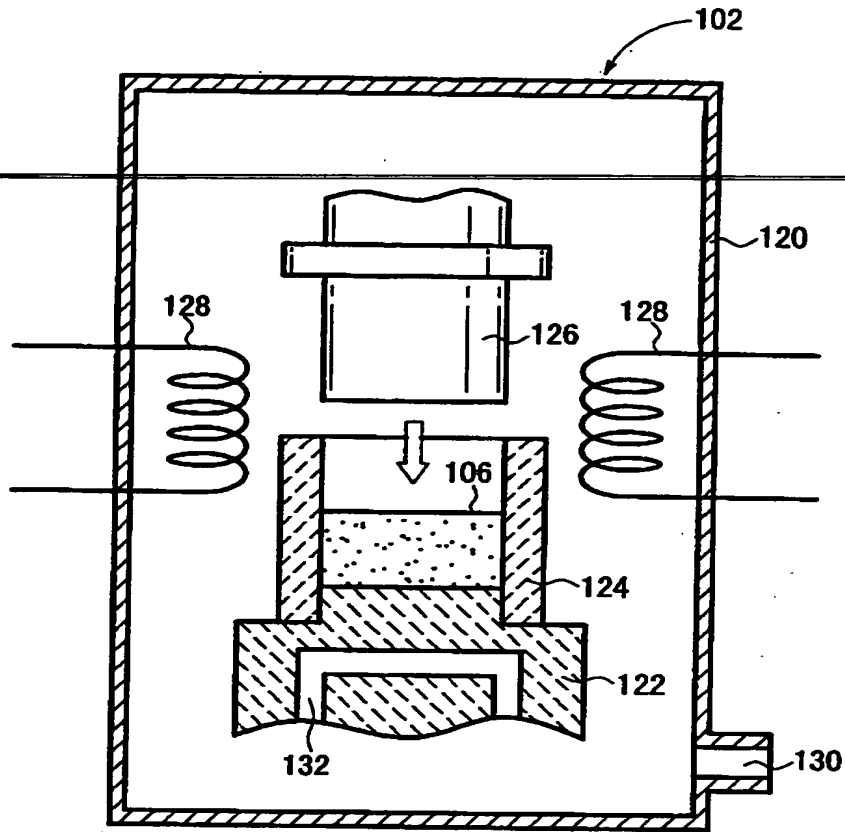
【図 1 0】

FIG. 10



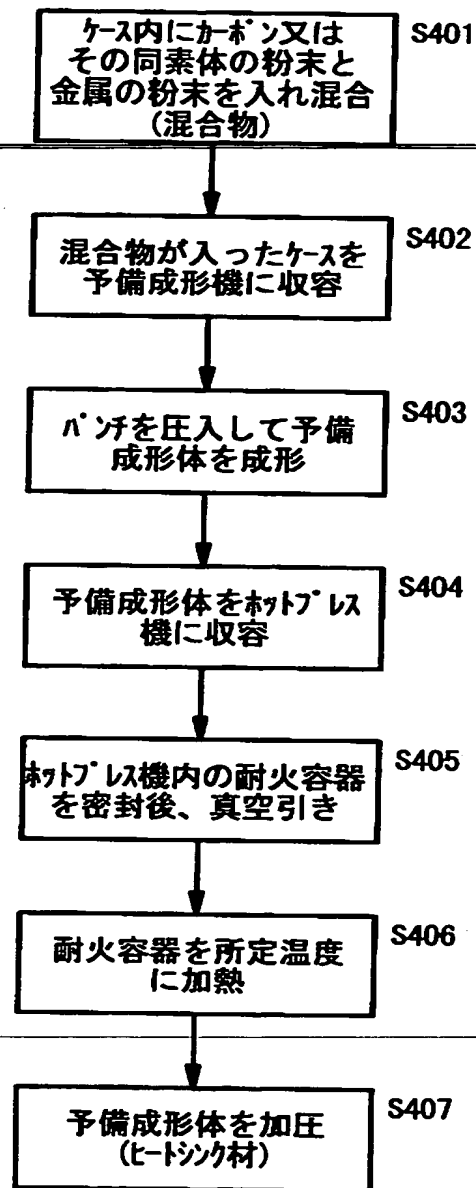
【図 1 1】

FIG. 11



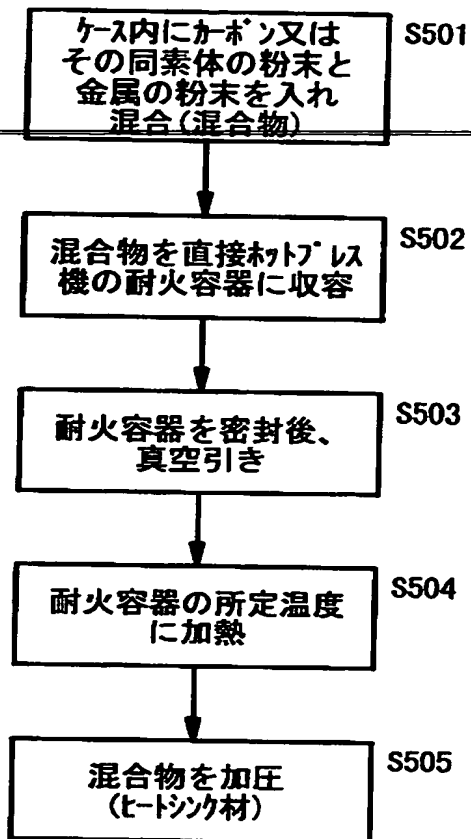
【図 1 2】

FIG. 12



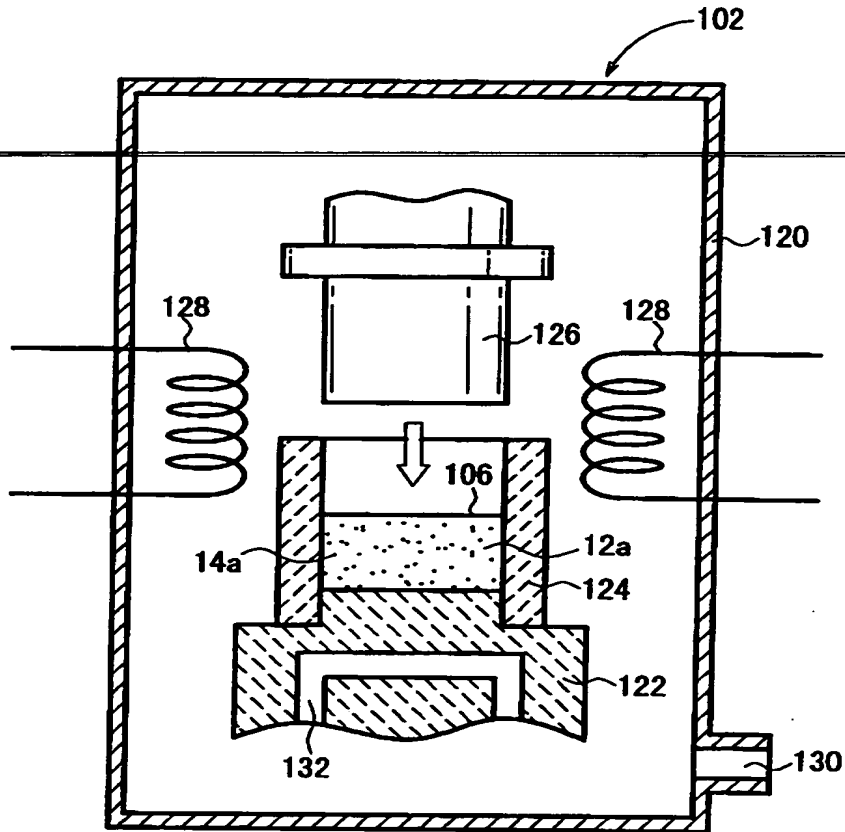
【図 1 3】

FIG. 13



【図 1 4】

FIG. 14



【書類名】要約書

【要約】

【課題】実際の電子部品（半導体装置を含む）等で求められる熱膨張率と熱伝導率とのバランスに適合した特性を有するヒートシンク材を容易に製造できるようにして、高品質のヒートシンクの生産性を向上させる。

【解決手段】ケース内にグラファイトを入れ、該ケースを炉内に収容する（ステップ S 3 0 1）。炉内を予備焼成して、グラファイトによる多孔質焼結体を作製する（ステップ S 3 0 2）。その後、炉から多孔質焼結体をケースごと取り出して、プレス機の凹部内に多孔質焼結体をケースごと収容する（ステップ S 3 0 3）。次に、ケース内に金属の溶湯を注湯した後（ステップ S 3 0 4）、パンチを凹部内に挿通し、ケース内の前記溶湯を押し下げ圧入する（ステップ S 3 0 5）。このパンチの押圧処理によって、金属の溶湯は、多孔質焼結体の開気孔部中に含浸されることとなる。

【選択図】図 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004064]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
氏 名	日本碍子株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)